

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-181340

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

H01L 31/0232

H01L 31/16

// H01L 31/10

(21)Application number : 07-350283

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 22.12.1995

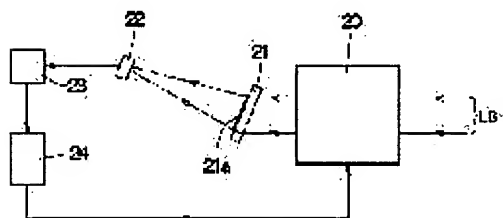
(72)Inventor : ORINO TATEKI

(54) CORRECTING DEVICE FOR OPTICAL AXIS SHIFT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an correction error of optical axis shift which is generated by an uneven intensity distribution, even if there is an uneven intensity distribution in a light-receiving beam, and moreover, make it possible to conduct a stable space optical communication even if fluctuations in the extent of microns are generated in the atmosphere.

SOLUTION: When the optical axis shift of the light-receiving optical axis of its own device from a light-receiving beam LB is detected on the basis of information on the positional shift of the beam LB from a reference position, and an optical axis shift correcting signal is sent to a variable part 20 in the optical axis direction on the basis of information on the optical axis shift to control the direction of the light-receiving optical axis of the own device, a plurality of diffracted lights are generated from the one beam LB by a diffraction



grating of a hologram 21 provided in a light-receiving optical system and a plurality of diffracted light spots are formed on the light-receiving surface of a light-receiving beam spot position detection light-receiving element 22. Even in the case where an intensity distribution on an entrance pupil, which is the beam take-in port of the own device, is uneven, a correction of the optical axis shift is made by contriving so as to bring the center of the light intensity of a light-receiving beam spot closer to the center of a luminous flux.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3368128

[Date of registration] 08.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-181340

(43)公開日 平成9年(1997)7月11日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 31/0232			H 0 1 L 31/02	D
			31/16	B
// H 0 1 L 31/10			31/10	A

審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 12 頁)

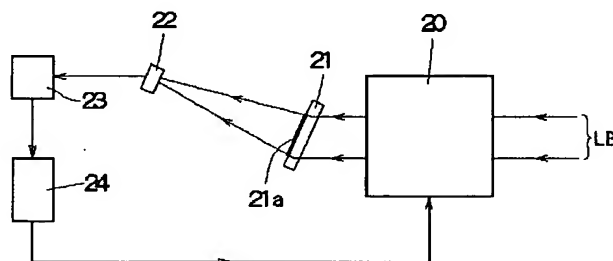
(21)出願番号	特願平7-350283	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成7年(1995)12月22日	(72)発明者	折野 干城 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ ヤノン株式会社小杉事業所内
		(74)代理人	弁理士 日比谷 征彦

(54)【発明の名称】 光軸ずれ補正装置

(57)【要約】

【目的】 受光ビームに不均一な強度分布があっても、これによって生ずる光軸ずれ補正誤差を減少させ、更に大気のマイクロナゆらぎが発生しても安定した空間光通信を行うことができる。

【構成】 受光ビームLBの基準位置からの位置ずれ情報に基づいて受光ビームLBに対する自装置の受光光軸の光軸ずれを検出し、この光軸ずれ情報に基いて光軸方向可変部20に光軸ずれ補正信号を送って自装置の受光光軸の方向を制御する際に、受光光学系に設けたホログラム21の回折格子によって1つの受光ビームLBから複数の回折光を発生させ、受光ビームスポット位置検出受光素子22の受光面上に複数の回折光スポットを形成し、自装置のビーム取込口である入射瞳上の強度分布が不均一な場合でも、受光ビームスポットの光強度中心を光束中心に近付けるようにすることによって光軸ずれの補正を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 受光光学系と、受光ビームスポット位置検出部と、受光ビームスポット基準位置からの位置ずれ情報に基づいて受信光に対する自装置の受光光軸の光軸ずれを検出する光軸ずれ検出手段と、光軸方向可変手段と、前記光軸ずれ検出手段により検出される光軸ずれ情報に基づいて前記光軸方向可変手段へ光軸ずれ補正信号を送信して自装置の受光光軸の方向を制御する光軸方向制御手段とを有する光軸ずれ補正装置において、前記受光光学系に回折素子を設けて1つの受光ビームから複数の回折光を発生させて、前記受光ビームスポット位置検出部の受光面上に複数の回折光スポットを形成させることを特徴とする光軸ずれ補正装置。

【請求項2】 前記回折素子は、受光ビームが入射したときに前記受光ビームスポット位置検出部の受光面上に複数の回折光スポットを形成するホログラムとした請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項3】 前記回折素子は、反射又は遮光を主とする面に複数の透過部を二次元の周期的に配列した開口部を有し、該開口部を透過した透過光を前記受光ビームスポット位置検出部に導く請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項4】 前記回折素子は、透過を主とする面に複数の反射部を二次元の周期的に配列した遮光部を有し、該遮光部を反射した反射光を前記受光ビームスポット位置検出部に導く請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項5】 前記受信光の受光ビームスポット径を T 、回折光スポット径を δ としたときに、 $\delta \leq T/2$ なる条件を満足する請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項6】 前記受光ビームスポット位置検出部は位置検出用受光素子に面分割型センサを使用し、受光ビームスポット径を T 、回折光スポット径を δ 、前記面分割型センサの分割素子間の分離帯幅を t としたときに、 $t \leq \delta \leq T/2$ なる条件を満足する請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項7】 投光光学系と信号発生部とから成る投光手段と、投受光分岐手段とを有し、前記光軸方向可変手段において投光光軸と受光光軸とを一致させるようにした請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【請求項8】 前記受光光学系と本信号検出部とから成る本信号検出手段を有し、前記光軸方向可変手段において受光ビームスポット位置検出用光学系の光軸と本信号検出用光学系の光軸とを一致させ、前記回折素子からの回折光を前記受光ビームスポット位置検出部へ導き、非回折光を前記本信号検出部へ導くようにした請求項1に記載の光軸ずれ補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大気中で光ビームを受光しながら、受光ビームに対する自装置の受光光軸

の方向を制御する光軸ずれ補正装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光軸ずれ補正手段を備え大気中で投光、受光を行う装置としては、例えば図32に示すような空間光伝送装置が特開平5-133716号公報に開示されており、同様な2台の装置を空間を隔てて対向設置して双方向通信を行うようになっている。

【0003】即ち、レーザーダイオード1から出射され紙面に垂直方向に直線偏光となるレーザー光は、正のパワーを持つレンズ群2によりほぼ平行光束となり、偏光ビームスプリッタ3の境界面で反射され、更に光軸方向可動部4の可変ミラー4aで反射されて、送信光LAとして装置Aから図示しない装置Bへ投光される。

【0004】装置Bからの受信光LBは装置Aに入射し、可変ミラー4aにより反射され、偏光ビームスプリッタ3を透過して受光分岐素子5に至る。このとき、受信光LBの約90%は受光分岐素子5を透過して、正のパワーを持つレンズ群6により本信号検出用受光素子7に集光され、残りの約10%は受光分岐素子5で反射されて、正のパワーを持つレンズ群8によって位置検出用受光素子9に受光される。

【0005】偏光ビームスプリッタ3としては、その貼り合わせ面に多層薄膜を蒸着した光学素子が使用されており、この多層薄膜は例えばS偏光を約99%反射しP偏光を透過させるようになっている。この偏光ビームスプリッタ3を使用して最も効率の良い投受光を行うためには、送信光LAをS偏光としたときに受信光LBがP偏光となるような関係にすればよく、更に同一構成の送受信装置を対向させて最も効率の良い投受光を行うために、送受共通光軸01を紙面後方に傾斜させ、かつ鉛直方向には45度の傾斜を有するように配置している。

【0006】また、広帯域化や高速応答が可能な大容量通信を行うために、本信号検出用受光素子7として例えばアバランシェフォトダイオードのような有効受光域が直径1mm以下の小さな素子を使用している。更に、位置検出用受光素子9の中心に受光ビームスポットSPの中心が位置したときに、送信光LAが相手側装置Bを受信可能な強度分布で照射することができ、かつ相手からの受信光LBが本信号検出用受光素子7の有効受光域を外れないようにする必要があるので、装置の組立段階において本信号検出用受光素子7と位置検出用受光素子9とは、送信光の光軸に対して μ m単位の精度で位置ずれの調整を行っている。

【0007】位置検出用受光素子9の受光面上での受光ビームスポットSPの位置ずれ情報は、信号処理部10を介して光軸ずれ補正信号として光軸方向制御部11に送られ、光軸方向制御部11から光軸方向可変部4の駆動部にミラー駆動用信号が送られる。この信号に基づいて駆動部のモータが回転し、可変ミラー4aが図33に示

すように軸A1と軸A2の周りに回転する。

【0008】このときの位置検出用受光素子9の受光面上の受光ビームスポットSPは、軸A1の周りの可変ミラー4aの回転により、矢印a2に示すように図34の受光面の上下方向に移動し、軸A2の周りの可変ミラー4aの回転により、矢印a2に示すように図35の受光面上の右上45度方向か左上45度方向に移動する。このように、異なる2方向へ受光ビームスポットSPを移動させる操作を繰り返して、位置検出用受光素子9の受光面上の中心に、受光ビームスポットSPの中心が位置するように制御を行う。

【0009】以上のような制御を通信時に継続して行い、空間を隔てて対向する双方向光通信装置が相手側装置Bからの光ビームを位置検出用受光素子9の中心で受光するための光軸ずれ補正を互いに実施することによって、双方の送信ビームの強度分布の中央部が相手側装置Bのビーム取込口に常に一致するように調整することができる。

【0010】位置検出用受光素子9としては、図34、図35に示すような4つの素子12に分割された4分割センサが一般的に使用されているが、このような受光素子9を位置検出に使用する場合には、各分割素子12間の分離帯13の無感度領域に受光ビームスポットSPが落ち込んで出力がなくなったり、分離帯13を横切るときに急激に出力が変化することを防ぐために、受光ビームスポットSPには適当な面積を持たせることが望ましい。このために、一般的には集光点よりもディフォーカスした位置に、4分割センサの受光面位置を設定している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来例の大気中で送受光を行う空間光伝送装置においては、装置の設置場所の振動や大気の揺動によって伝送ビームがゆらぐ現象に影響を受ける。この大気の揺動は大別すると、伝送ビーム全体のゆらぎの原因となるマクロなゆらぎと、伝送ビーム内の強度分布の差を生じさせるミクロなゆらぎの2種類の揺動があり、大気のマクロなゆらぎに対しては、伝送地点での伝送ビーム径を或程度広くした光軸ずれ補正機能を備えることにより対処している。

【0012】一方、図36はモデル化した大気のマクロなゆらぎの説明図を示し、通信を行う2装置間の伝送路においては、圧力や温度の異なる大気の混合等が発生するために、屈折率は時間的に変動する不均一な分布となる。これにより、伝送ビームの広がりWの中に強度の強い部分W1と強度の弱い部分W2が発生し、しかも空間の或る一点における光ビームの強度が時間的に変化することにより、強度の弱い部分W2が伝送ビームの広がりWの中であたかもランダムに揺れているように観察され、これが大気のマクロなゆらぎと呼ばれる。

【0013】従来の光軸ずれ補正機能を有する双方向空

間光伝送装置においては、位置検出用受光素子9は集光点よりもディフォーカスした位置に受光面が設定されるので、上述のような大気のマクロなゆらぎがある状態では、受光面上の受光ビームスポットSPは均一な強度分布とならずに、図37に示すように入射瞳に相当する装置のビーム取込口Mにおける光強度分布がそのまま投射されることになる。

【0014】従って、図38に示すように直径Tの受光ビームスポットPSには斜線で示す強度の弱い部分P1とその他の強度の強い部分P2とが発生し、光束中心BCとは異なる光強度中心PCが光軸と判断され、この位置ずれ量Sに相当する角度だけ光軸方向のずれが発生し、その結果、相手側装置Bにおいて光ビームの外れの原因となり通信が不能になるという問題が生ずる。

【0015】本発明の目的は、上述の問題点を解消し、受光ビームに不均一な強度分布があっても、これによって生ずる光軸ずれ補正誤差を減少させ、更に大気のマクロなゆらぎが発生しても安定した通信を行うことができる光軸ずれ補正装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る光軸ずれ補正装置は、受光光学系と、受光ビームスポット位置検出部と、受光ビームスポット基準位置からの位置ずれ情報に基づいて受信光に対する自装置の受光光軸の光軸ずれを検出する光軸ずれ検出手段と、光軸方向可変手段と、前記光軸ずれ検出手段により検出される光軸ずれ情報に基づいて前記光軸方向可変手段へ光軸ずれ補正信号を送信して自装置の受光光軸の方向を制御する光軸方向制御手段とを有する光軸ずれ補正装置において、前記受光光学系に回折素子を設けて1つの受光ビームから複数の回折光を発生させて、前記受光ビームスポット位置検出部の受光面上に複数の回折光スポットを形成させることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明を図示の図1～図31に実施例に基づいて詳細に説明する。図1は第1の実施例の光軸ずれ補正機能を有する空間光受信装置の構成図を示し、受信光LBの光軸方向を偏向する光軸方向可変部20の背後には、透明ガラスの表面に高解像力感光材を定着した写真感板を使用したホログラム21が斜設され、更に位置検出受光素子22と信号処理部23から成る受光ビームスポット位置検出部が配置されており、位置検出受光素子22の出力は、信号処理部23、光軸方向制御部24を介して光軸方向可変部20に接続されている。

【0018】光軸方向可変部20としては、従来例の図33に示すような1枚ミラーで2軸回転制御によるものや、図2に示すようなそれぞれの回転軸B1、B2を有する2枚のミラー25a、25bで各1軸回転制御によるもの、又は図3に示すようなそれぞれの回転軸C1、C2を有する2枚の透明ガラス26a、26bと液体密封用フイ

ルム27により透明液体28を密封した可変頂角プリズムの頂角可変制御によるもの等を使用することができる。

【0019】光軸ずれ補正装置においては、相手側装置から出射された光軸方向制御用パイロット信号を含む受信光LBが、位置検出用受光素子22の受光面上に受光され、このときの光ビームの基準位置からの位置ずれ情報が信号処理部23に送られ、光軸ずれ信号に変換されて光軸方向制御部24に送られる。この光軸ずれ信号に基づいて光軸方向制御部24は光軸方向可変部20を作動して、受信光LBに対して自装置の受光光軸を一致させる制御を行う。

【0020】次に、図4に示すように受光光学系のホログラム21の写真感板には、受信光LBと同一波長の平行光が参照光LRとして斜め下方より照射される。同時に、参照光LRと同一光源から分岐して作られる点物体光LMが写真感板の正面から照射され、点物体光LMは写真感板に平行な平面内で隣り合う移動区間を等間隔dだけずらして多重露光される。

【0021】このように作成されたホログラム21の参照光LR方向と逆方向から、ホログラム面21aに受信光LBが入射するようにホログラム21を配置すると、図5に示すように0次光L0はそのまま透過するが、ホログラム21の製作時の点物体光LMの位置を回折光近軸像面G1とする回折光LDが発生する。

【0022】回折光近軸像面G1から距離xだけディフォーカスした位置に位置検出用受光素子22の受光面G2を置くと、図6に示すように4分割された受光有効部22aとそれらの間の分離帯22bとから成る位置検出用受光素子22上において、直径δの回折光スポットDSがスポット中心間隔dでオーバーラップして配列され、全回折光スポットDSの広がり最大のスポット径が間隔Tとなる受光ビームスポットが受光面G2の位置に形成される。ここで、ホログラム面21aから回折光近軸像面G1までの距離をL、ホログラム面21aの入射光線有効径をDとすると、次式が成立する。

$$\delta/x = D/L \quad \dots (1)$$

【0023】次に、大気のマイクロナムゆらぎにより発生する受光ビームスポット位置検出誤差については、図7に示すように中央の横一列の回折光スポットDSに横方向にのみ強度の弱い部分P1と強い部分P2の差のある場合には、位置検出誤差は全回折光スポットDSの光強度中心PCと光束中心BCとの差Sと考えることができる。

【0024】この図7は回折光近軸像面G1から距離xだけディフォーカスした位置の回折光スポットDSのうち、中央の横一列だけについて図示したものであり、直径δの回折光スポットDSがスポット中心間隔dでオーバーラップして配列している。回折光スポットDSの中央の横一列に並ぶスポット数をNとすると、受光ビームスポット径Tは、次式で表される。

$$T = (N-1)d + \delta \quad \dots (2)$$

【0025】なお、各回折光スポットDSの強度分布が不均一なことによって生ずる光束中心BCと光強度中心PCとの差Sは、図7に示すように1つの回折光スポットDSの直径δの1/2を越えることはない。

【0026】また、1つの回折光スポット径δが10μm程度まで小さくなると、図8に示すように回折光スポットDSの幾つかは、4分割センサの分離帯22bの無感度領域に落ち込み、光軸ずれ補正制御中に回折光スポットDSが分離帯22bを横切る際に、位置ずれ検出力が急激な変化をして制御上好ましくない。このような受光ビームスポットを得るために、ホログラム面21aから回折光近軸像面G1までの距離Lを100mm、ホログラム面21aの入射光線有効径Dを20mmとすると、式(1)より、 $x = \delta \cdot L/D = 50\mu\text{m}$ なるディフォーカス位置xに位置検出用受光素子22の受光面G2を置く。

【0027】また、回折光スポットDSの中央横一列に並ぶスポット数Nが5であるから、受光ビームスポット径Tを400μmに選ぶと、式(2)より、 $d = (T - \delta) / (N - 1) = 97.5\mu\text{m}$ なるスポット中心間隔、つまりホログラム21の製作時に点物体光LMの移動間隔dで複数の回折光スポットDSが並ぶ受光ビームスポットとなる。なお、このときの各回折光スポットDS内の強度分布の不均一に原因する光束中心BCと光強度中心PCとの差Sは、図9に示すように $\delta/2 = 5\mu\text{m}$ を越えることはない。

【0028】次に、隣接する回折光スポットDSのオーバーラップする部分が多くなり、受光ビームスポット位置検出誤差が大きくなり、図10に示すように受光ビームスポット径Tが回折光スポット径δの2倍となる受光ビームスポットの場合には、受光ビームスポット径Tを上述と同じ400μmに選び、ホログラム面21aから回折光近軸像面G1までの距離Lを100mm、ホログラム面21aの入射光線有効径Dを20mmとすると、式(1)より、 $x = \delta \cdot L/D = 1\text{mm}$ なるディフォーカス位置xに位置検出用受光素子22の受光面G2を置く。

【0029】また、回折光スポットDSの中央横一列に並ぶスポット数Nが5であるから、式(2)より、 $d = (T - \delta) / (N - 1) = 50\mu\text{m}$ なるスポット中心間隔dで複数の回折光スポットDSが並ぶ受光ビームスポットとなる。なお、このときの各回折光スポットDS内の強度分布の不均一に原因する光束中心BCと光強度中心PCとの差Sは、図11に示すように $\delta/2 = 100\mu\text{m}$ を越えることはない。

【0030】従来例の光軸ずれ補正手段で受光する場合には、受光ビームスポット内の強度分布が不均一なことによって生ずる受光ビームスポット位置検出誤差については、図38に示すように受光ビームスポット径T=400μmで考えると、光束中心BCと光強度中心PCとのずれ量Sの最大値は $T/2 = 200\mu\text{m}$ に近い場合も起こ

り得るが、本実施例においては受光ビームスポット位置検出誤差が最大となる場合でも、従来の光軸ずれ補正手段による場合に比べてその誤差を $1/2$ 以下にすることができる。

【0031】従って、位置検出用受光素子22として使用する面分割型センサの素子間の分離帯22bの幅を t 、受光ビームスポット径を T とすると、回折光スポット径 δ は、

$$t \leq \delta \leq T/2 \quad \dots(3)$$

なるときに回折素子が有効に作用することになり、また位置検出用受光素子22としてPSD(Position Sensitive Device)のような非分割型センサを用いる場合は、 $\delta \leq T/2$

なるときに回折素子が有効に作用することになる。

【0032】このようなホログラム21は干渉縞を銀塩感光材料等に記録し、現像後の黒化銀粒子等による振幅変調型ホログラムであるが、これを現像後に漂白処理した透明な銀塩粒子等による屈折率変化や厚みの変化の縞、即ち位相変調型ホログラムに変更すれば、光の吸収損失を抑えて、より高い回折効率を得ることができる。

【0033】また、このホログラム21はホログラム面21aを境界として受信光LBと反対側に回折光が射出する透過型ホログラム21であるが、図12に示すように参照光LRを反対方向から照射するようにすれば、ホログラム面31aに対して受信光LBと回折光が同じ側に存在する反射型ホログラム31を作成することができ、図1と同様の効果を得ることができる。

【0034】図13は第2の実施例の光学ずれ補正機能を有する空間光伝送装置の構成図を示し、投光光軸と受光光軸を同時に偏向可能な光軸方向可変部20の背後には、投受光分岐素子34が配置されており、この投受光分岐素子34の反射方向には、正のパワーを持つレンズ群35と発光素子36から成る投光部が配置され、投受光分岐素子34の透過方向には、反射を主とする面に複数の透過部37aが二次元の周期的に配列された複数開口部材37を介して、正のパワーを持つレンズ群38と位置検出用受光素子22と信号処理部23から成る受光ビームスポット位置検出部が配置されており、その他は図1と同様で、同じ符号は同じ部材を表している。

【0035】複数開口部材37は図14に示すように一辺の長さが a の正方形の透過部37aとそれ以外の部分の反射部37bとから成り、複数の透過部37aはピッチ $P=3a$ で縦横方向に周期的に配列されている。なお、複数開口部材37の反射部37bは、受信光LBを反射する誘電体薄膜や金属薄膜を真空蒸着や写真感光等を行うことにより形成することができ、また反射部37bは受信光LBを吸収又は遮断する遮光部としてもよい。

【0036】複数開口部材37の2回反射光が位置検出用受光素子22の受光有効部22aに入射することを防ぐために、複数の透過部37aを有する面又は反対面は

入射光軸に対して少し傾けるように配置されている。なお、本実施例のように複数開口部材37を新たに設ける代りに、投受光分岐素子34の受信光LBの出射面に直接複数の透過部37aを加工するようにしてもよい。

【0037】発光素子36から発したレーザー光は、正のパワーを持つレンズ群35によりほぼ平行光束となって投受光分岐素子34の境界面で反射され、光軸方向可変部20から相手側装置へ送信光LAとして出射される。一方、相手側装置からのパイロット信号を含む受信光LBは光軸方向可変部20に入射し、投受光分岐素子34を通して複数開口部材37に至り、その透過部37aを通った光束は、正のパワーを持つレンズ群38により位置検出用受光素子22に集光しビームスポットとして受光される。そして、この受光ビームスポットは信号処理部23を介して光軸ずれ補正信号として光軸方向制御部24に送られ、光軸方向可変部20が駆動されて光軸ずれが補正される。

【0038】複数開口部材37による回折像の強度分布は図15に示すように周期的に極大値が現れ、その極大値を連ねる曲線SCは図16に示すようなsinc関数の2乗で表される1個の正方形開口の回折像の強度分布と同形となる。従って、この回折像は0次光D0、1次回折光D1、2次回折光D2までで全結像エネルギーの殆ど全てを占めている。

【0039】図17は図13における配置を左右反転させ、複数開口部材37と正のパワーを持つレンズ群38のみを抜き出した図であり、正のパワーを持つレンズ群38の焦点距離を f とし、複数開口部材37の後方の距離 f に正のパワーを持つレンズ群38の前側焦点位置H1を位置させると、正のパワーを持つレンズ群38の後側焦点位置H2の後方の距離 f の位置に回折光近軸像面G1がある。

【0040】従って、回折光近軸像面G1から距離 x だけディフォーカスした位置に位置検出用受光素子22の受光面G2を置くと、図18に示すように直径 δ の回折光スポットDSがスポット中心間隔 d でオーバーラップして配列し、全回折光スポットDSの広がり最大スポット径が T となる受光ビームスポットが受光面G2の位置に形成される。

【0041】いま、正のパワーを持つレンズ群38の焦点距離を f 、入射光線有効径を D とすると、次式が成立する。

$$\delta/x = D/f \quad \dots(5)$$

【0042】また、1次回折光の回折角を θ とすると、次式が成立する。

$$d = f \cdot \tan \theta \quad \dots(6)$$

【0043】更に、入射光線の波長を λ とすれば、複数開口部材37の開口のピッチ P は、次式で表される。

$$P = \lambda / \sin \theta \quad \dots(7)$$

【0044】ここで、回折角 θ が小さいときは $\tan \theta \approx$

$\sin \theta$ であるから、次の関係式が成立する。

$$P \approx f \cdot \lambda / d \quad \dots (8)$$

【0045】位置検出用受光素子22として面分割型センサを使用する場合には、1つの回折光スポット径 δ が $10 \mu\text{m}$ 程度になるときが回折光スポット径 δ の下限值である。正のパワーを持つレンズ群38の焦点距離 f を 100mm 、入射光線有効径 D を 20mm とすると、式(5)より、 $x = \delta \cdot f / D = 50 \mu\text{m}$ なるディフォーカス位置 x に位置検出用受光素子22の受光面G2を置く。

【0046】また、回折光スポットDSの中央横一列に並ぶスポット数 N が5であるから、受光ビームスポット径 T を $400 \mu\text{m}$ に選ぶと、式(2)より、 $d = (T - \delta) / (N - 1) = 97.5 \mu\text{m}$ なるスポット中心間隔 d で複数回折光スポットDSが並ぶ受光ビームスポットとなる。

【0047】ここで、受信光LBの波長 λ を $0.83 \mu\text{m}$ とすると、式(8)から、複数開口部材37の図14に示す透過部37aのピッチ P は $851 \mu\text{m}$ となるので、正方形透過部37aの一辺の長さ a は $284 \mu\text{m}$ にすればよい。このときの各回折光スポットDS内の強度分布の不均一に原因する光束中心BCと光強度中心PCとの差 S は、第1の実施例と同様に $\delta / 2 = 5 \mu\text{m}$ を越えることはない。

【0048】次に、隣接する回折光スポットDSのオーバーラップする部分が多くなって、受光ビームスポット位置検出誤差が大きくなった場合でも、従来の光軸ずれ補正手段による誤差と比べて、その誤差を $1/2$ 以下にすることができる回折光スポット径 δ の上限値となるのは、第1の実施例と同様に、受光ビームスポット径 T が回折光スポット径 δ の2倍となる受光ビームスポットの場合である。

【0049】諸条件は上述と同様であり、受光ビームスポット径 T を $400 \mu\text{m}$ 、正のパワーを持つレンズ群38の焦点距離 f を 100mm 、入射光線の有効径 D を 20mm とすると、式(5)より、 $x = \delta \cdot f / D = 1 \text{mm}$ なるディフォーカス位置 x に位置検出用受光素子22の受光面G2を置く。

【0050】また、回折光スポットDSの中央横一列に並ぶスポット数 N が5であるから、式(2)より、 $d = (T - \delta) / (N - 1) = 50 \mu\text{m}$ なるスポット中心間隔 d で複数の回折光スポットDSが並ぶ受光ビームスポットとなる。

【0051】ここで、受信光LBの波長 λ を $0.83 \mu\text{m}$ とすると、式(8)から、複数開口部材37の図14に示す正方形透過部37aのピッチ P は 1.66mm となるので、正方形透過部37aの一辺の長さ a を $553 \mu\text{m}$ にすればよい。このときの各回折光スポットDS内の強度分布の不均一に原因する光束中心BCと光強度中心PCとの差 S は、第1の実施例と同様に $\delta / 2 = 100 \mu\text{m}$ を越えることはない。

【0052】このようにして、図35に示すような大気のマイクロなゆらぎが存在する条件下で本実施例の回折素子を使用すれば、第1の実施例と同様に位置検出用受光素子22として面分割型センサを使用する場合は式(3)を満たし、非分割型センサを使用する場合は式(4)を満たす回折光スポット径 δ のときに有効に作用することになる。

【0053】以上の説明は正のパワーを持つレンズ群38が無収差の場合であるが、一般にレンズには収差があり、図19は球面収差のあるレンズ群39を使用した場合の周辺部光束LSと中央部光束LCを示している。図20に示すように、開口のピッチが P 、開口の一辺の長さが b で、 $P = 2b$ となる正方形の透過部37a'が多数配列する複数開口部材37の回折像の強度分布は、図21に示すように周期的に現れる極大値を連ねる曲線となる。これは1個の開口による回折像の強度分布である sinc 関数の2乗で表現される分布曲線SCと同形であり、回折像は0次光D0と1次回折光D2とで全結像エネルギーの殆どを占めている。

【0054】図22は複数開口部材37の正面図を示し、複数開口部材37の第1ゾーン37cは図19の周辺部光束LSの0次光透過位置に対応し、複数開口部材37の第2ゾーン37dは図19の中央部光束LCの0次光透過位置に対応する。複数開口部材37の第1ゾーン37cには、図14に示した開口配列と同様の、開口の一辺の長さが a で、開口のピッチが $P = 3a$ となる複数透過部37aが設けられ、複数開口部材37の第2ゾーン37dには、図20に示した開口と同様の、開口の一辺の長さが $b = 3/2a$ で、開口のピッチが $P = 2b$ となる複数透過部37a'設けられている。

【0055】このような光軸ずれ検出手段は、図17と同様に球面収差のあるレンズ群39の前側焦点H1と開口の広がる面との間に、焦点距離 f の位置関係で配置されている。そして、図23に示すように周辺部光束LSによる回折光スポット径 δ_1 が $10 \mu\text{m}$ 以上で、図24に示すように中央部光束LCによる回折光スポット径 δ_2 が $T/2$ 以下となる位置に、位置検出用受光素子22の受光面G2を設定する。このようにして、図25に示すように中央部光束LCによる回折光スポットDSと周辺部光束LSによる回折光スポットDCは、本実施例の回折素子が有効に作用するスポット径で受光ビームスポット径 T 内に存在することになる。

【0056】図26は第3の実施例の光軸ずれ補正機能を有する空間光伝送装置の構成図を示し、複数開口部材37からの透過光を利用した第2の実施例に対して、反射光を利用する複数開口部材41を使用した実施例であり、図13と同じ符号は同じ部材を表している。正方形透過部41aは図14や図20に示した実施例とは逆の反射部37bとなり、本実施例の反射部41bが図14や図22の実施例の透過部37aとなっている。また、

複数開口部材41は光軸に対して45度傾いているので、図13の実施例と同じ回折効果を得るためには、図27に示すように反射部41bの配列ピッチPは横方向の長さを縦方向の $2^{1/2}$ 倍の長さにするといよい。

【0057】以上の実施例においては、位置検出用受光素子22として使用する4分割センサの分離帯22bのクロスラインを鉛直方向に対して45度方向に延びるようにすることにより、回折光スポットDSが分離帯22bに落ち込んで位置検出誤差となることを回避している。また、4分割センサの分離帯22bのクロスラインの延びる方向を鉛直方向及び水平方向に一致させて使用する場合には、図14や図20の開口は図28に示すように45度回転した菱形開口41b'にすればよく、対角長が $2^{1/2}a$ の菱形開口にすれば図27に示す開口と等価な開口となる。

【0058】本実施例においても、装置が揺れたり大気のマイクロナゆらぎが生じた場合にも、図示しない相手側装置Bの方向に正確に送信光LAを投光することができるので、安定した通信を行うことができる。

【0059】図29～図31は第4の実施例の光軸ずれ補正機能を有する空間光受信装置の構成図を示し、図29は図1の光軸ずれ補正装置を備え、等価型ホログラム21の受信光LBの透過側に、本信号検出用受光素子42と正のパワーを持つレンズ群43から構成される本信号検出手段を有する受信装置である。

【0060】図30は図12の光軸ずれ補正装置を備え、反射型ホログラム31の受信光LBの透過側に、本信号検出用受光素子42と正のパワーを持つレンズ群43から構成される本信号検出手段を有する受信装置である。

【0061】図31は図26の光軸ずれ補正装置を備え、複数開口部材41の受信光LBの透過側に、本信号検出用受光素子42と正のパワーを持つレンズ群43から構成される本信号検出手段を有する受信装置である。なお、複数開口部材41の透過部41aと反射部41bを反転させ、レンズ群43を含む本信号検出部側とレンズ群38を含む受光ビームスポット位置検出部側とを入れ換えた構成にしても同様の効果を得ることができる。

【0062】これらの4つの実施例の光軸ずれ補正装置の動作原理は上述の実施例と同様であり、回折素子からの回折光を受光ビーム位置検出部へ導き、回折素子からの非回折光を本信号検出部へ導く構成にしているので、受信光LBの全光ビームを有効に利用することができ、従って光ビーム利用効率の高いかつ安定した受信パワーレベルが得られる受信装置にすることができる。

【0063】以上の説明においては、位置検出用受光素子22として主に面分割型センサを使用した。が、PSDのような非分割型センサを使用する場合でも、受光面上における受光ビームスポットが常に集光する状態を維持できないときには、回折素子を使用することにより、大

気のマイクロナゆらぎによって発生する光軸方向制御誤差を軽減させることができる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光軸ずれ補正装置は、装置の揺れや大気のマイクロナゆらぎが発生していても、パイロット信号を含む受光ビームに対して自装置の受光光軸を一致させることができ、また光軸ずれ補正装置の非回折光側に本信号検出部を設けることにより、受信パワーレベルを安定させることができる。更に、光軸ずれ補正装置に投光部を設け、受光ビームスポット位置検出部の光軸と投光部の光軸を一致させることにより、相手側装置へ正確に投光して送信状態を安定させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例の透過型ホログラムによる空間光受信装置の構成図である。

【図2】光軸方向制御部の斜視図である。

【図3】光軸方向制御部の断面図である。

【図4】ホログラムの作成方法の説明図である。

【図5】ホログラムの回折現象の説明図である。

【図6】回折素子による受光ビームスポットの正面図である。

【図7】受光ビームスポット位置検出誤差の説明図である。

【図8】回折素子による受光ビームスポットの正面図である。

【図9】受光ビームスポット位置検出誤差の説明図である。

【図10】回折素子による受光ビームスポットの正面図である。

【図11】受光ビームスポット位置検出誤差の説明図である。

【図12】反射型ホログラムによる空間光受信装置の構成図である。

【図13】第2の実施例の空間光伝送装置の構成図である。

【図14】回折素子の複数開口部の正面図である。

【図15】回折素子による回折光の強度分布のグラフ図である。

【図16】回折素子による回折光の強度分布のグラフ図である。

【図17】回折素子による回折現象の説明図である。

【図18】回折素子による受光ビームスポットの正面図である。

【図19】球面収差のあるレンズ群の光路の説明図である。

【図20】回折素子の複数開口部の正面図である。

【図21】回折素子による回折光の強度分布のグラフ図である。

【図22】回折素子の正面図である。

【図23】回折素子による回折現象の説明図である。

【図24】回折素子による回折現象の説明図である。

【図25】回折素子による受光ビームスポットの正面図である。

【図26】第3の実施例の空間光伝送装置の構成図である。

【図27】回折素子の複数開口部の正面図である。

【図28】回折素子の複数開口部の正面図である。

【図29】第4の実施例の空間光受信装置の構成図である。

【図30】空間光受信装置の構成図である。

【図31】空間光受信装置の構成図である。

【図32】従来例の空間光伝送装置の構成図である。

【図33】光軸方向制御部の斜視図である。

【図34】位置検出用受光素子の正面図である。

【図35】位置検出用受光素子の正面図である。

【図36】大気マイクロゆらぎの説明図である。

【図37】位置検出用受光素子の正面図である。

【図38】受光ビームスポット位置検出誤差の説明図である。

【符号の説明】

20 光軸方向可変部

21、31 ホログラム

22 位置検出用受光素子

23 信号処理部

10 24 光軸方向制御部

33 投受光分岐素子

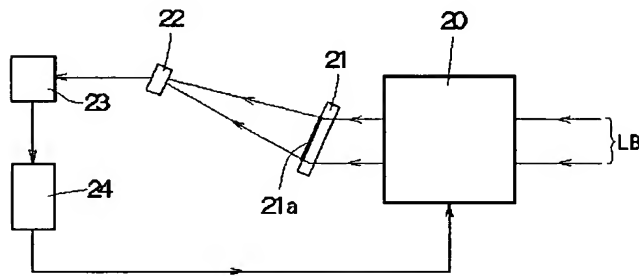
36 発光素子

37、41 複数開口部材

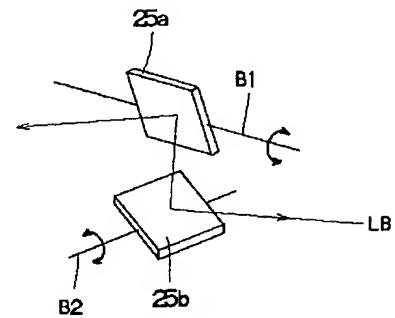
39 レンズ群

42 本信号検出用受光素子

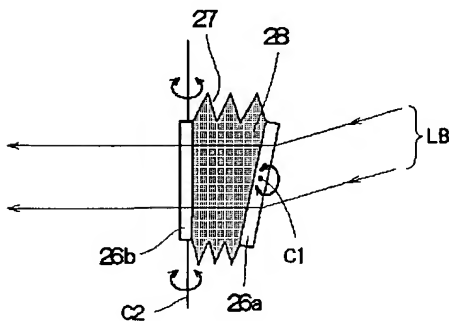
【図1】



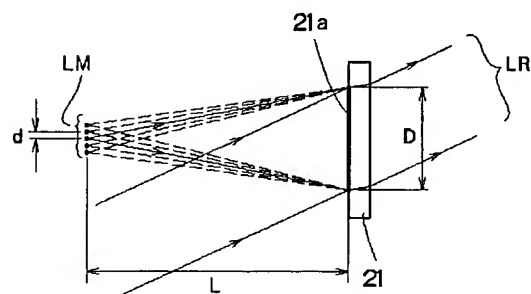
【図2】



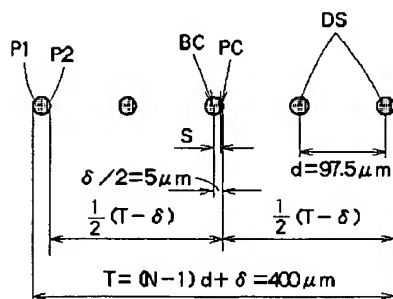
【図3】



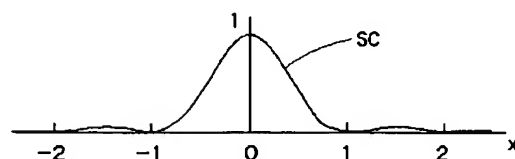
【図4】



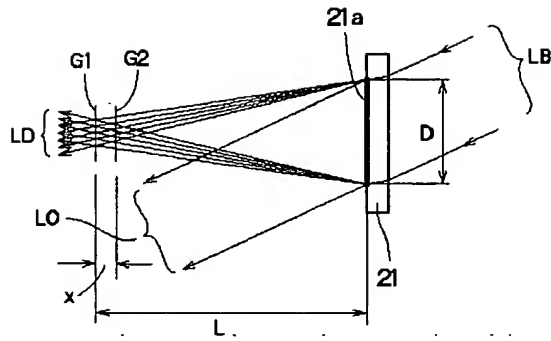
【図9】



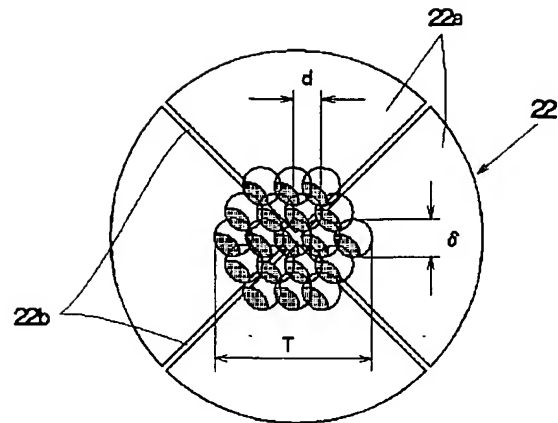
【図16】



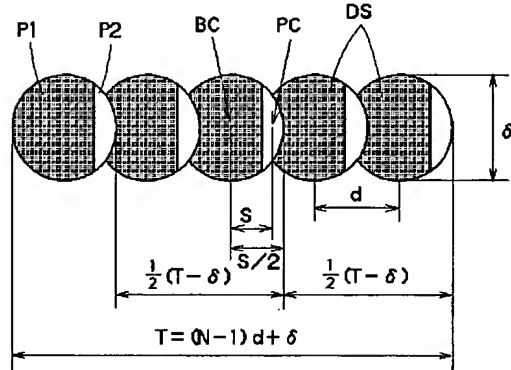
【図5】



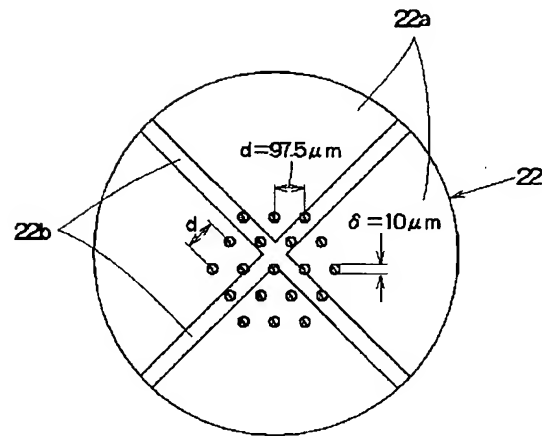
【図6】



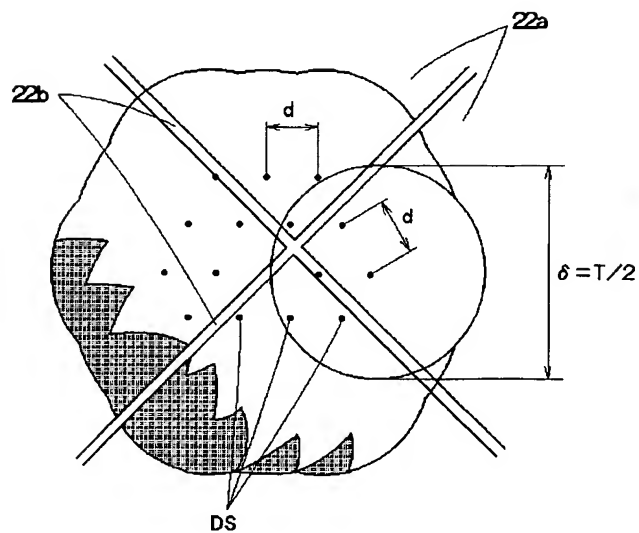
【図7】



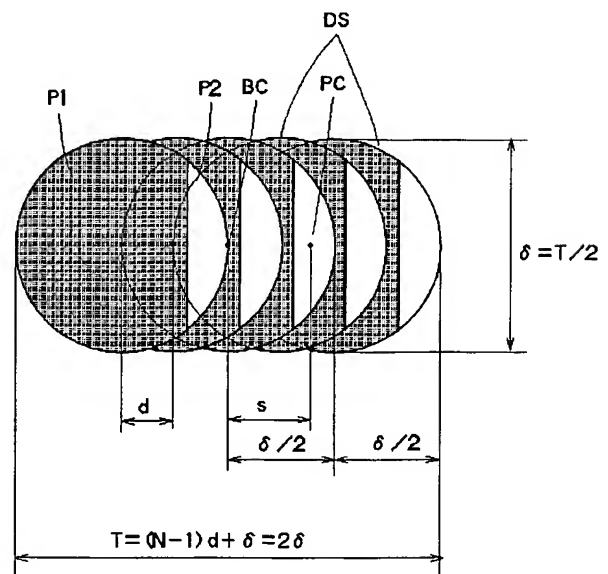
【図8】



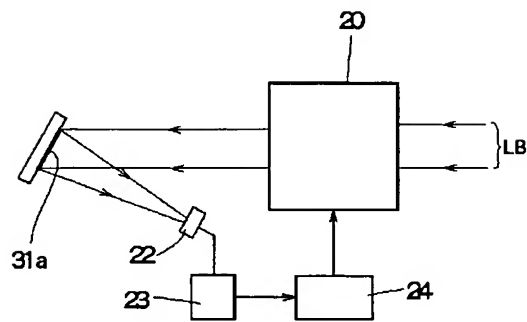
【図10】



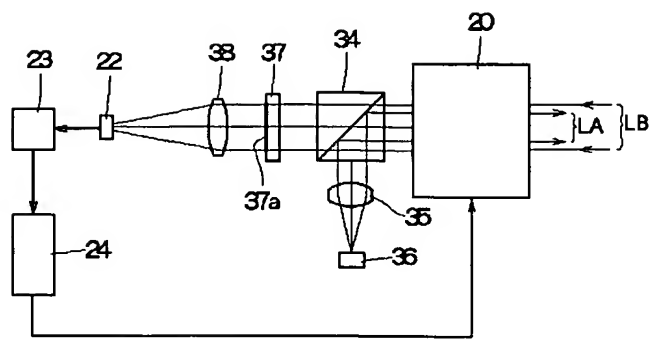
【図11】



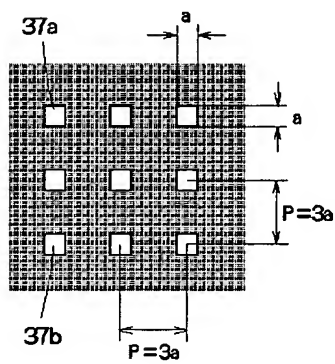
【図12】



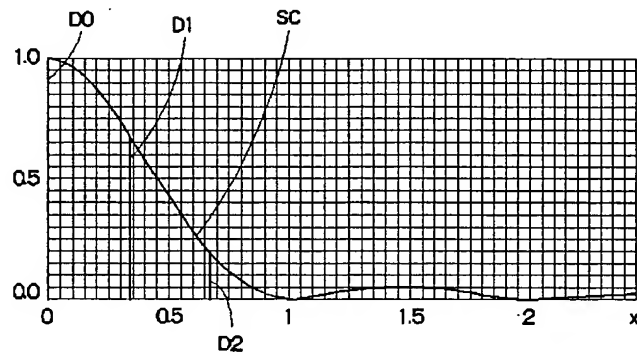
【図13】



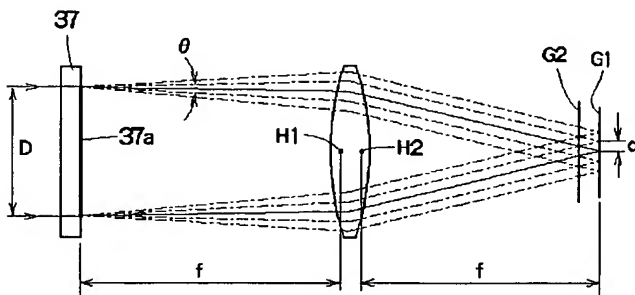
【図14】



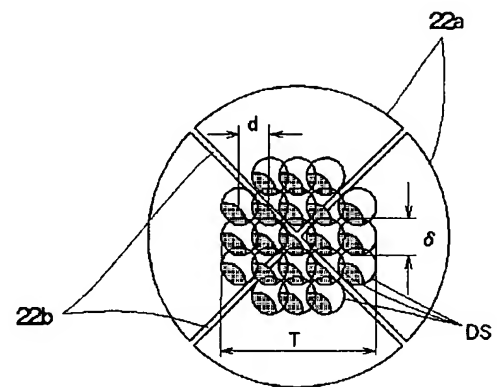
【図15】



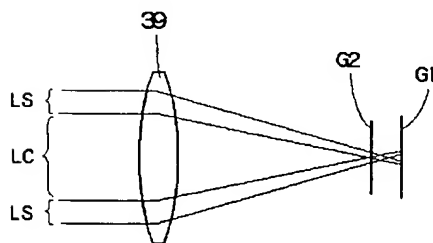
【図17】



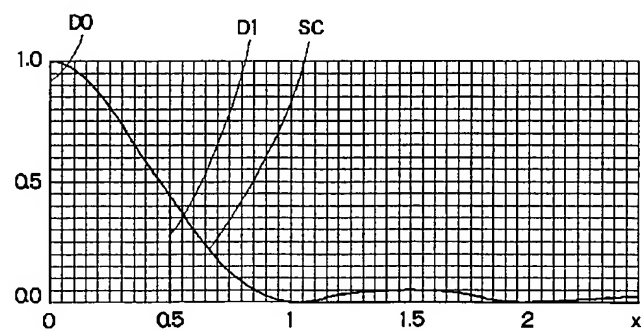
【図18】



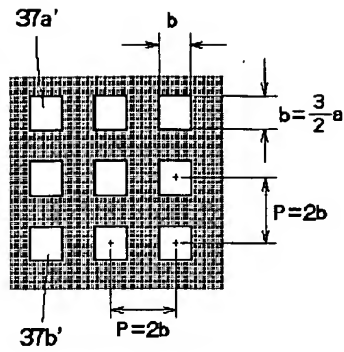
【図19】



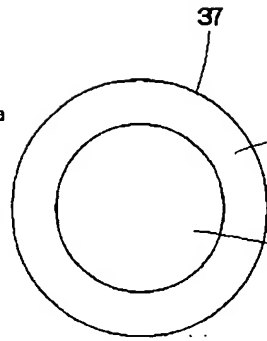
【図21】



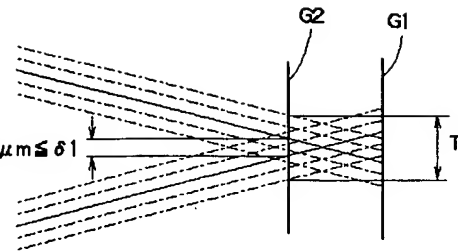
【図20】



【図22】

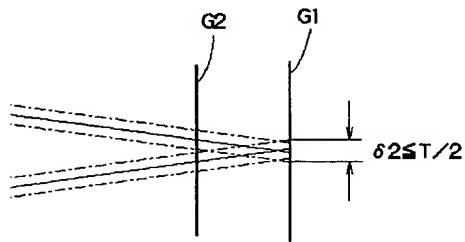


【図23】

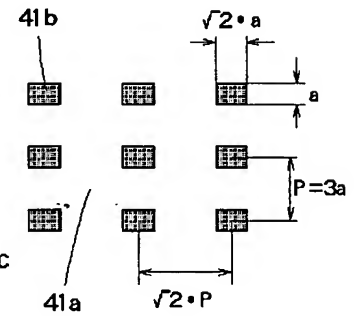
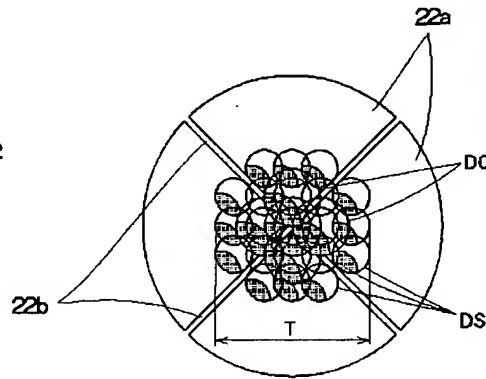


【図27】

【図24】

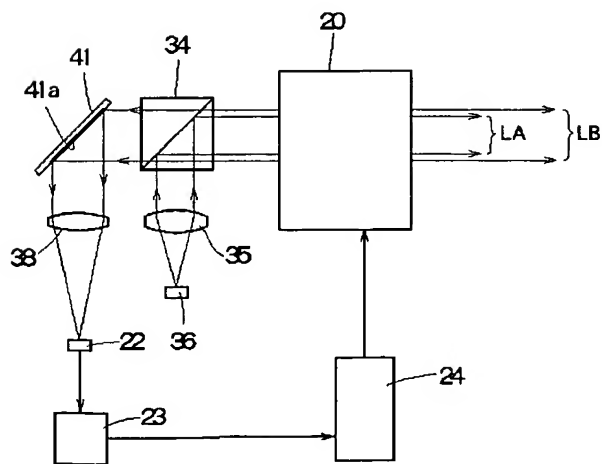


【図25】

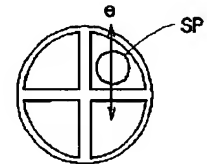
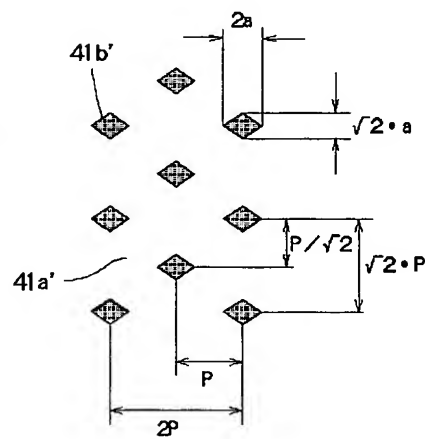


【図34】

【図26】

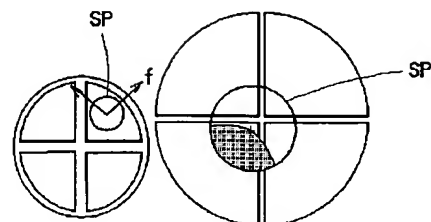


【図28】

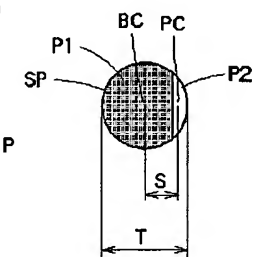


【図38】

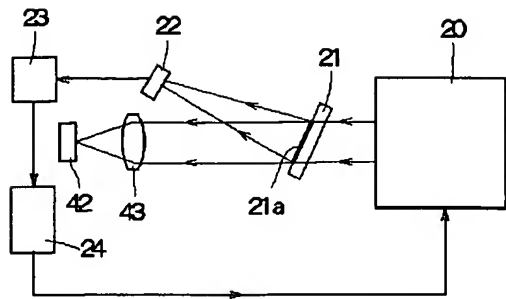
【図35】



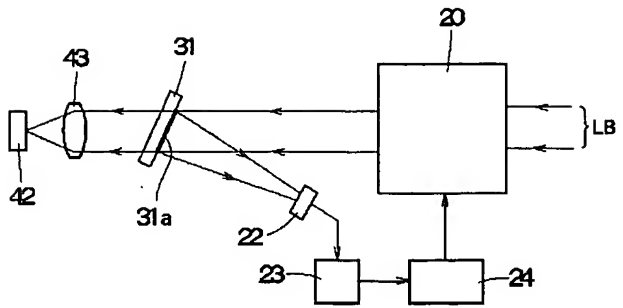
【図37】



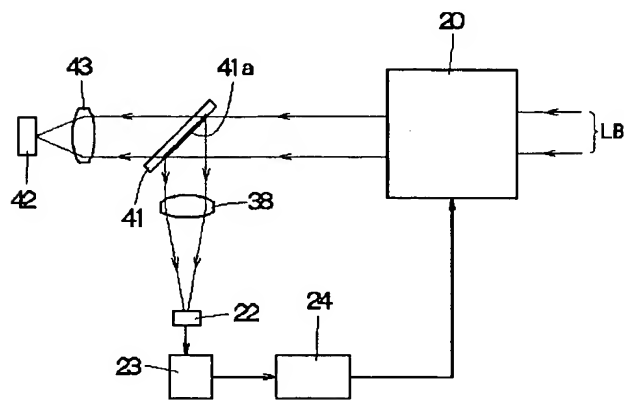
【図29】



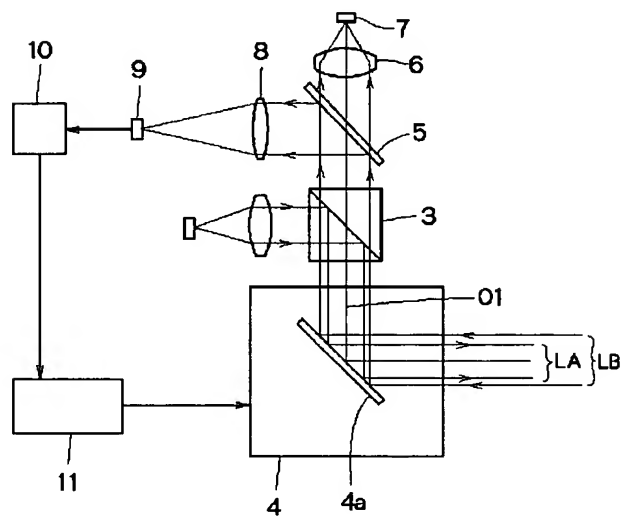
【図30】



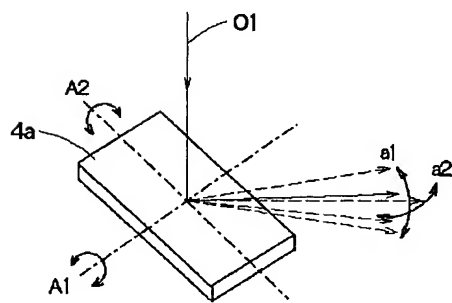
【図31】



【図32】



【図33】



【図36】

